



#3
Priority 03 C 0

THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re patent application of

Z. Xiaofan

Serial No.: 09/966,097

Group Art Unit: Unknown

Filed: October 1, 2001

Examiner: Unknown

For: OPTICAL MODULE

Assistant Commissioner of Patents
Washington, D.C. 20231

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Sir:

Submitted herewith is a certified copy of Japanese Applications Number 2000-303813 filed on October 3, 2000 upon which application the claim for priority is based.

Respectfully submitted,

Andrew M. Calderon
Reg. No. 38,093

McGuireWoods LLP
1750 Tysons Boulevard, Suite 1800
McLean, VA 22102
(703)712-5000



日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office

出願年月日
Date of Application:

2000年10月 3日

出願番号
Application Number:

特願2000-303813

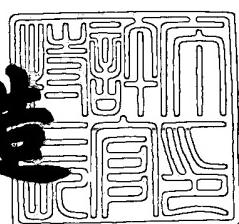
出願人
Applicant(s):

日本板硝子株式会社

2001年 8月24日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3076290

【書類名】 特許願
【整理番号】 PX0047
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G02B 27/30
【発明者】
【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区道修町3丁目5番11号 日本板硝子株式会社内
【氏名】 朱 晓凡
【特許出願人】
【識別番号】 000004008
【氏名又は名称】 日本板硝子株式会社
【代理人】
【識別番号】 100078961
【弁理士】
【氏名又は名称】 茂見 究
【手数料の表示】
【予納台帳番号】 013457
【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 9004719
【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光機能モジュール

【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力側と出力側とが自由空間を隔てて配設されており、それら入力側と出力側とが間に挿入されている光機能部を介して光結合する光機能モジュールにおいて、

入力側と出力側の少なくとも一方は複数のコリメータを有し、該コリメータのうちの少なくとも1つは、レンズの焦点と光の出射面もしくは入射面との距離、光の出射面もしくは入射面における開口率、レンズの実効焦点距離、使用波長、隣接するコリメータの光軸間距離のいずれか1つ以上の特性可変パラメータを他のコリメータのそれらの特性可変パラメータと異ならせることにより、ビームウエストの大きさと位置を入出力でほぼ一致させることを特徴とする光機能モジュール。

【請求項2】 入力側と出力側の少なくとも一方は、レンズと光ファイバを組み合わせた複数のファイバコリメータからなり、該ファイバコリメータのうちの少なくとも1つは、レンズの焦点と光ファイバ端面との距離、光ファイバのモードフィールド径又は開口率、レンズの実効焦点距離、使用波長、隣接するファイバコリメータの光軸間距離のいずれか1つ以上の特性可変パラメータを他のファイバコリメータのそれらの特性可変パラメータと異ならせることにより、ビームウエストの大きさと位置を入出力でほぼ一致させる請求項1記載の光機能モジュール。

【請求項3】 入力側と出力側の少なくとも一方の複数のコリメータは、複数の屈折率分布型ロッドレンズを配列したレンズアレイを有し、該レンズアレイのいずれか一方又は両方の端面をアレイ配列方向に対して斜め面とすることにより、特性可変パラメータが調整されている請求項1記載の光機能モジュール。

【請求項4】 入力側と出力側の少なくとも一方の複数のファイバコリメータは、複数の屈折率分布型ロッドレンズを配列したレンズアレイと複数の光ファイバを配列したファイバアレイの組み合わせからなり、レンズアレイのいずれか一方又は両方の端面、及び／又はファイバアレイの端面をアレイ配列方向に対し

て斜め面とすることにより、特性可変パラメータが調整されている請求項2記載の光機能モジュール。

【請求項5】 自由空間長が長いチャンネルに対して長波長が割り当てられている請求項1乃至4のいずれかに記載の光機能モジュール。

【請求項6】 入力側と出力側とが90度異なる向きで配設され、自由空間内の各チャンネルに対応したそれぞれの位置に可動ミラーが挿入されてマトリクス光スイッチを構成している請求項1乃至4のいずれかに記載の光機能モジュール。

【請求項7】 入力側と出力側の光軸の交点が正方格子の格子点に相当する関係にして、各格子点に可動ミラーを配設し、正方格子の対角線上にビームウエストが形成されるように調整されている請求項6記載の光機能モジュール。

【請求項8】 光機能部としてフィルタもしくは部分反射鏡からなる光機能素子を用い、該光機能素子にできるだけ等しいビームウエストが形成されるよう調整することで光合分波器もしくは光タップを構成している請求項1、2又は5記載の光機能モジュール。

【請求項9】 片側に2芯ファイバコリメータ、それに対向して反対側に単芯ファイバコリメータを配置し、それらの間の自由空間に光機能素子としてフィルタを設け、2芯ファイバコリメータの一方の光ファイバを入力側、他方の光ファイバを出力側、単芯ファイバコリメータの光ファイバを入力側もしくは出力側とし、フィルタ面にできるだけ等しいビームウエストが形成されるように調整することで光合波器もしくは光分波器を構成している請求項2記載の光機能モジュール。

【請求項10】 片側に2芯ファイバコリメータ、それに対向して反対側に単芯ファイバコリメータを配置し、それらの間の自由空間に光機能素子として部分反射鏡を設け、2芯ファイバコリメータの一方の光ファイバを入力側、他方の光ファイバを出力側、単芯ファイバコリメータの光ファイバを出力側とし、部分反射鏡にできるだけ等しいビームウエストが形成されるように調整することで光タップを構成している請求項2記載の光機能モジュール。

【請求項11】 自由空間長が長いチャンネルに対して長波長が割り当てら

れている請求項9又は10記載の光機能モジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、入力側と出力側とが自由空間を隔てて配置され、間に挿入されている光機能部を介して光結合する構造の光機能モジュールに関するものである。更に詳しく述べると本発明は、入力側と出力側の少なくとも一方は複数のコリメータを有し、それらのうちの少なくとも1つは、コリメータの特性可変パラメータの1つ以上を他のファイバコリメータの対応する特性可変パラメータと異ならせることにより、入出力間で最適光結合を実現する光機能モジュールに関するものである。本発明は、例えばマトリクス光スイッチ、光合分波器、あるいは光タップなどに有用である。

【0002】

【従来の技術】

周知のように、光技術において、発光素子や光ファイバの出射面からの光を概ね平行なビームに拡大したり、逆に、拡大された平行ビームを受光素子や光ファイバの入射面に集光するために、コリメータが使用されている。このようなコリメータを2個以上配設し、拡大されたビームが通過する自由空間に各種の光機能素子を挿入することによって光機能モジュールを構成することができる。

【0003】

このような光機能モジュールにおいては、ビーム径が小さく、しかもチャンネルあるいはポート間の自由空間長がチャンネル毎に異なる場合が多い。しかし、従来技術では、このような場合に対してコリメータの結合特性が最適化されていない。例えばコリメータアレイは、単純に同一のコリメータを必要個数だけ等間隔で（隣接するコリメータの光軸間距離を等しく）並設した構造であった。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、チャンネルあるいはポート間で自由空間長が異なる場合に、同一のコリメータを用いて光機能モジュールを構成すると、光の回折限界内でも低挿入損

失、低挿入損失偏差が実現し難く、小型化が困難となるなどの問題が生じる。これは、チャンネルあるいはポートに応じた光結合の最適化ができないこと、損失の制限が厳しく、小さいビームを使う場合に更なる光の回折損が許容できないこと、自由空間の短いチャンネルあるいはポートでも小型のコリメータが使えないことなどによる。

【0005】

本発明の目的は、チャンネルあるいはポート間で自由空間長が異なる場合に対して、小型、低挿入損失、低挿入損失偏差の様々な光機能モジュールを提供することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】

本発明は、入力側と出力側とが自由空間を隔てて配設されており、それら入力側と出力側とが間に挿入されている光機能部を介して光結合する光機能モジュールを前提とするものである。本発明においては、入力側と出力側の少なくとも一方は複数のコリメータを有し、該コリメータのうちの少なくとも1つは、レンズの焦点と光の出射面もしくは入射面との距離、光の出射面もしくは入射面における開口率、レンズの実効焦点距離、使用波長、隣接するコリメータの光軸間距離のいずれか1つ以上の特性可変パラメータを他のコリメータのそれらの特性可変パラメータと異ならせることにより、ビームウエストの大きさと位置を入出力でほぼ一致させるように構成する。ここで、光の出射面とは発光素子の発光面や光ファイバの端面などをいい、光の入射面とは受光素子の受光面や光ファイバ端面などをいう。

【0007】

入力側と出力側の少なくとも一方に、レンズと光ファイバを組み合わせた複数のファイバコリメータを用いる場合には、該ファイバコリメータのうちの少なくとも1つを、レンズの焦点と光ファイバ端面との距離、光ファイバのモードフィールド径又は開口率、レンズの実効焦点距離、使用波長、隣接するファイバコリメータの光軸間距離のいずれか1つ以上の特性可変パラメータを他のファイバコリメータのそれらの特性可変パラメータと異ならせることにより、ビームウエス

トの大きさと位置を入出力でほぼ一致させるように構成する。

【0008】

従って、複数のファイバコリメータは、入力側のみに設ける場合、出力側のみに設ける場合、及び入力側と出力側の両方に設ける場合がある。複数のファイバコリメータを入力側のみに設ける場合には出力側をコリメータレンズと受光素子の組み合わせとする構成、出力側のみに設ける場合には入力側を発光素子とコリメータレンズの組み合わせとする構成、などが可能である。その他、ファイバコリメータを用いずに、入力側を発光素子とコリメータレンズの組み合わせとし、出力側をコリメータレンズと受光素子の組み合わせとする構成もある。

【0009】

例えば、入力側と出力側の少なくとも一方の複数のコリメータを、複数の屈折率分布型ロッドレンズを配列したレンズアレイとする構成がある。そのような場合には、レンズアレイのいずれか一方又は両方の端面をアレイ配列方向に対して斜め面とすることにより、前記の特性可変パラメータを調整することができる。また、入力側と出力側の少なくとも一方に複数のファイバコリメータとする場合には、複数の屈折率分布型ロッドレンズを配列したレンズアレイと複数の光ファイバを配列したファイバアレイの組み合わせとする構成がある。そのような場合には、レンズアレイのいずれか一方又は両方の端面、及び／又はファイバアレイの端面を、アレイ配列方向に対して斜め面とすることにより、前記の特性可変パラメータを調整することができる。更に、自由空間長が長いチャンネルに対して長波長を割り当てるのも有効である。

【0010】

具体的には、例えば入力側と出力側がともに複数のコリメータからなり、それら入力側と出力側とを90度異なる向きで配設し、自由空間内の各チャンネルに対応したそれぞれの位置に可動ミラーを挿入することにより、マトリクス光スイッチが構成できる。その場合、入力側と出力側の光軸の交点が正方格子の格子点に相当する関係にして、各格子点に可動ミラーを配設し、正方格子の対角線上にビームウエストが形成されるように調整する構成が望ましい。

【0011】

また、入力側と出力側とが自由空間を隔てて配設されており、それら入力側と出力側とが間に挿入されている光機能部を介して光結合する構成において、光機能部としてフィルタもしくは部分反射鏡からなる光機能素子を用い、該光機能素子にできるだけ等しいビームウエストが形成されるように調整することで光合分波器もしくは光タップを構成することができる。

【0012】

例えば、片側に2芯ファイバコリメータ、それに対向して单芯ファイバコリメータを配置し、自由空間に光機能素子としてフィルタを設け、2芯ファイバコリメータの一方の光ファイバを入力側、他方の光ファイバを出力側、单芯ファイバコリメータの光ファイバを入力側もしくは出力側とし、フィルタ面に各ファイバコリメータによりできるだけ等しいビームウエストが形成されるように調整することで、光合波器あるいは光分波器を構成できる。更に、片側に2芯ファイバコリメータ、それに対向して单芯ファイバコリメータを配置し、自由空間に光機能素子として部分反射鏡を設け、2芯ファイバコリメータの一方の光ファイバを入力側、他方の光ファイバを出力側、单芯ファイバコリメータの光ファイバを出力側とし、部分反射鏡に各ファイバコリメータによりできるだけ等しいビームウエストが形成されるように調整することで、光タップを構成できる。

【0013】

【発明の実施の形態】

前記のように、各コリメータにおける特性可変パラメータとしては、レンズの焦点と光の出射面もしくは入射面との距離、光の出射面もしくは入射面における開口率、レンズの実効焦点距離、使用波長、隣接するコリメータの光軸間距離がある。ファイバコリメータの場合には、その特性可変パラメータとしては、前記のように、レンズの焦点と光ファイバ端面の距離、光ファイバのモードフィールド径又は開口率、レンズの実効焦点距離、使用波長、隣接するファイバコリメータの光軸間距離がある。

【0014】

そこで、以下、入力側及び出力側が共にファイバコリメータである場合を例にとって、それら特性可変パラメータの設定方法について説明する。図1に示すよ

うに、光ファイバ10とレンズ12とからなるファイバコリメータ14を、2個、対向配置したファイバコリメータ結合系に関して、基礎特性を表すスポットサイズ $2w \rightarrow$ ビームウエスト $2W$ への伝搬式は、次のようになる。

$$D = f^2 d / (d_m^2 + d^2)$$

$$W = w f / (d_m^2 + d^2)^{1/2}$$

ここで、 f はレンズの実効焦点距離、 $d_m = \pi w^2 / \lambda$ 、 λ は波長である。光結合をよくするためには、ファイバコリメータ対でビームウエストの位置と大きさを一致させればよい。従って、光ファイバとレンズ焦点との距離 d 、光ファイバのスポットサイズ w 、レンズ焦点距離 f 、波長 λ を変えることにより、結合効率の最適化を図ることができる。

【0015】

例えばレンズ焦点とビームウエスト位置との距離 D を大きくするには、次のいずれか1つ以上を選ぶ。

- (1) $0 < d < d_m$ の範囲で大きな d
- (2) $d_m < d$ の範囲で小さな d
- (3) 小さい w
- (4) 大きな f
- (5) 大きな λ

また、波長 λ が大きいと、実効焦点距離 f が大きくなる傾向があるので、距離 D （レンズ焦点とビームウエスト位置との距離）は更に大きくなる。従って、自由空間の長いチャンネルあるいはポートには、上記のように距離 D が大きくなるようにパラメータを割り当てる。

【0016】

コリメータで使用するレンズは任意のものでよく、均質材料からなる凸レンズや球レンズなどの他、屈折率分布型ロッドレンズでもよい。前記のように、ファイバコリメータの場合には、少なくとも1チャンネルについて、レンズの焦点と光ファイバ端面の距離、光ファイバのモードフィールド径又は開口率、実効焦点距離、寸法（隣接するファイバコリメータの光軸間距離を含む）のいずれか1つ以上の特性可変パラメータを他のチャンネルのそれらと異ならせて調整すること

になる。いずれの場合においても、一部のチャンネルにおいて同一のコリメータを使用する場合もある。理論上、各特性可変パラメータを変化させれば、光機能モジュール全体にわたってビームウエストの大きさと位置を完全に一致させることができる場合もあるが、できない場合もある。理論的に可能な場合には、部品の公差や組立精度上、可能な限りビームウエストの大きさと位置を一致させる。理論的に不可能な組み合わせの場合でも、できるだけ理想状態に近づけるということになる。

【0017】

特性可変パラメータを調整する例を図2に示す。これは、複数の屈折率分布型ロッドレンズを配列したレンズアレイ20と複数の光ファイバ22を配列したファイバアレイ24の組み合わせからなる場合である。(A)はファイバアレイ24の端面をアレイ配列方向に対して斜めに研磨した例であり、(B)はレンズアレイ20の一端面(ファイバアレイ対向面)をアレイ配列方向に対して斜めに研磨した例である。このようにすることでレンズの焦点と光ファイバ端面の距離を調整することができる。更に(C)はレンズアレイ20の他端面をアレイ配列方向に対して斜めに研磨した例である。レンズが屈折率分布型ロッドレンズの場合には、このようにしてもレンズの焦点と光ファイバ端面の距離を調整することができる。このように斜め面とすることにより、光ファイバへの戻り光を低減する効果も生じる。なお、減衰量を更に大きくしたい場合には、アレイ配列方向に垂直な方向に対しても斜め面にするとよい。この場合、傾いた面の光軸に垂直な面に対する角度は、1~20度の範囲内にあることが望ましい。(B)と(C)のようにレンズアレイの端面を斜め面とする構造は、光ファイバを用いずに発光素子や受光素子と組み合わせる場合にも利用できる。

【0018】

屈折率分布型ロッドレンズ(長さL)の場合、屈折率の半径方向(距離r)分布は、

$$n(r) = n_0 \left(1 - A r^2 / 2\right)$$

で表され、実効焦点距離fは、

$$f = 1 / (\sin(L A^{1/2}) n_0 A^{1/2})$$

となる。但し、Aは屈折率分布定数である。従って前記と同様、図2の（B）あるいは（C）に示す構成では、実効焦点距離 f も調整することができる。また、レンズ長を同一としたままで、少なくとも1チャンネルについて、 n_0 あるいは $A^{1/2}$ を異ならせてもよい。

【0019】

ファイバコリメータにおいて、モードフィールド径又は開口率を変えるには、光ファイバの種類を変えるか、あるいは光ファイバ先端部を加熱変形して拡大する方法がある。また、各特性可変パラメータを変化させることにより、使用部品の寸法が変わり、結果として光機能モジュールの寸法が小さくなる副次的効果が生じる。レンズとして平板マイクロレンズアレイなどを用いる場合には、レンズを形成するためのマスク又は型の形状などを変化させることになり、それによって実効焦点距離あるいは寸法（レンズ配列ピッチを含む）を調整する。

【0020】

【実施例】

図3は、本発明に係る光機能モジュールの一実施例を示す説明図であり、 4×4 マトリクス光スイッチに適用した例である。入力側と出力側となる2組のコリメータアレイ30を90度異なる向きに配設し、自由空間内の各チャンネルに対応したそれぞれの位置に可動ミラー32を挿入した構成である。両方のコリメータアレイ30は、ファイバアレイとレンズアレイを一体化した構造である。ファイバアレイは4本の光ファイバ34を並設したものであり、レンズアレイは4個の屈折率分布型ロッドレンズ36を並設したものである。ここで、各チャンネルにおいて、できるだけ入出力のビームウエストの位置及び大きさを一致させる。最も望ましい例は、入力側と出力側の光軸の交点が正方格子の格子点に相当する関係にして、各格子点に可動ミラー32を配設し、正方格子の対角線（交差線a-a'）上にビームウエストを形成させるように調整することである。なお、図3では、多数の可動ミラーのうちの斜線を付したものが光の反射動作を行っているものを表示している。可動ミラーの動作を制御することで、所望の光路に切り換えることができる。

【0021】

本発明に係る光機能モジュールとしては、光機能部にフィルタを用い、入力側に単一のコリメータ、出力側に複数個のコリメータを配置する光分波器モジュール、光機能部にフィルタを用い、入力側に複数個のコリメータ、出力側に単一のコリメータを配置する光合波器モジュール、光機能部に部分反射鏡を用いる光タップモジュールなどもある。それらにおいても特性可変パラメータを調整することにより、各コリメータのビームウエストの位置及び大きさをできるだけ一致させる。

【0022】

図4は、2芯ファイバコリメータと単芯ファイバコリメータで構成した3ポート光機能モジュールの一例である。1つのキャピラリに固定された平行する2本の光ファイバのなかの一方の光ファイバ40から出た光が第1のレンズ42で拡大され、平面状の光機能素子（フィルタ）44により反射され、第1のレンズ42で集光されて他方の光ファイバ46に入る。光機能素子44を透過した光は、第2のレンズ48で集光されて光ファイバ50に入る。光機能素子（フィルタ）44は第1のレンズ42の焦点に設置する。光機能素子（フィルタ）44の反射面上に、全てのファイバコリメータによりできるだけ等しいビームウエストが形成されるようにする。この場合、2芯ファイバの端面は第1のレンズの反対側の焦点に位置する。このような構成で光分波器を実現できる。入出力を入れ替れば、同一構成で光合波器を実現できる。

【0023】

また、光機能素子44として、部分反射鏡を使用することもでき、その場合には光分波器と同じ入出力の関係で光タップが構成できる。その場合にも、光機能素子上に、全てのファイバコリメータによりできるだけ等しいビームウエストを形成する。

【0024】

上記の各実施例では入出力ともにファイバコリメータとしているが、入力側がレーザダイオードなどの発光素子とコリメータレンズの組み合わせの場合、あるいは出力側がコリメータレンズとフォトダイオードなどの受光素子の組み合わせの場合などにも本発明は適用可能である。

【0025】

【発明の効果】

本発明は上記のように、光機能モジュールを構成する少なくとも1つのコリメータの特性可変パラメータの1つ以上を他のコリメータのそれらの特性可変パラメータと異ならせるようにしたことにより、チャンネルあるいはポート間で自由空間長が異なる場合に対して、小型、低挿入損失、低挿入損失偏差で最適光結合の光機能モジュールを実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

ファイバコリメータ結合系の説明図。

【図2】

ファイバアレイとレンズアレイによるコリメータアレイの一例を示す説明図。

【図3】

本発明に係る光機能モジュールの一例を示す説明図。

【図4】

本発明に係る光機能モジュールの他の例を示す説明図。

【符号の説明】

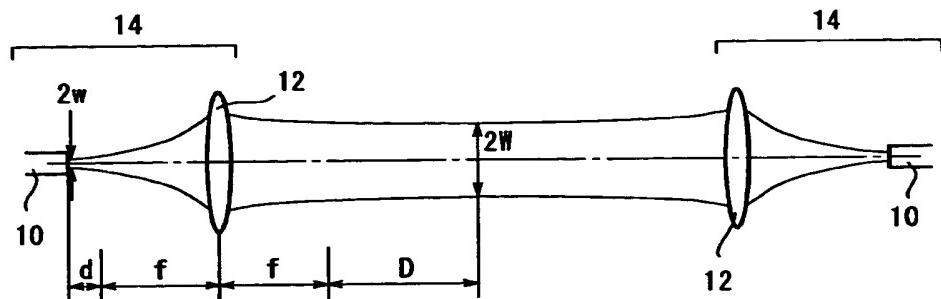
10 光ファイバ

12 レンズ

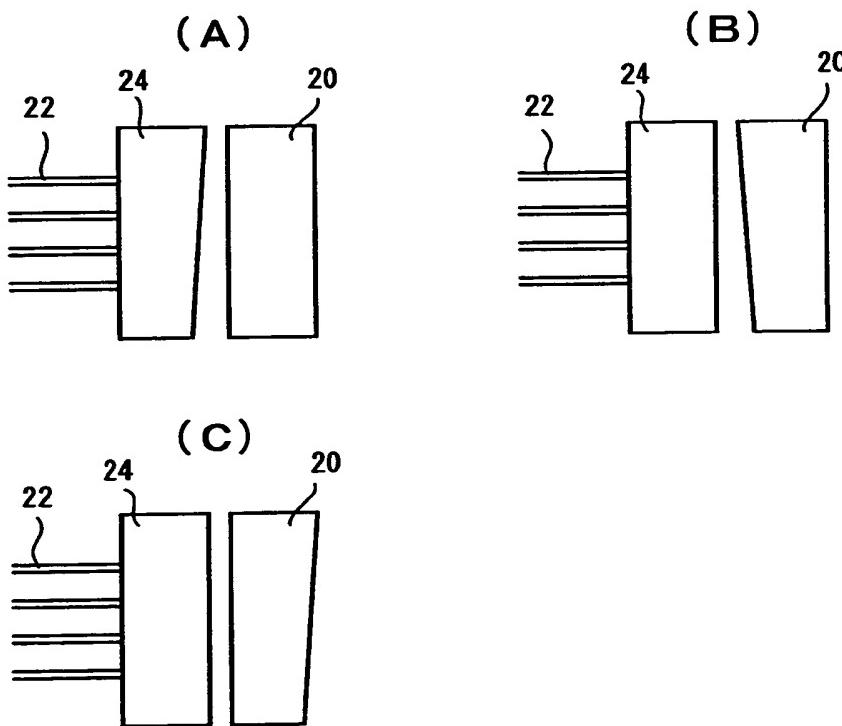
14 ファイバコリメータ

【書類名】 図面

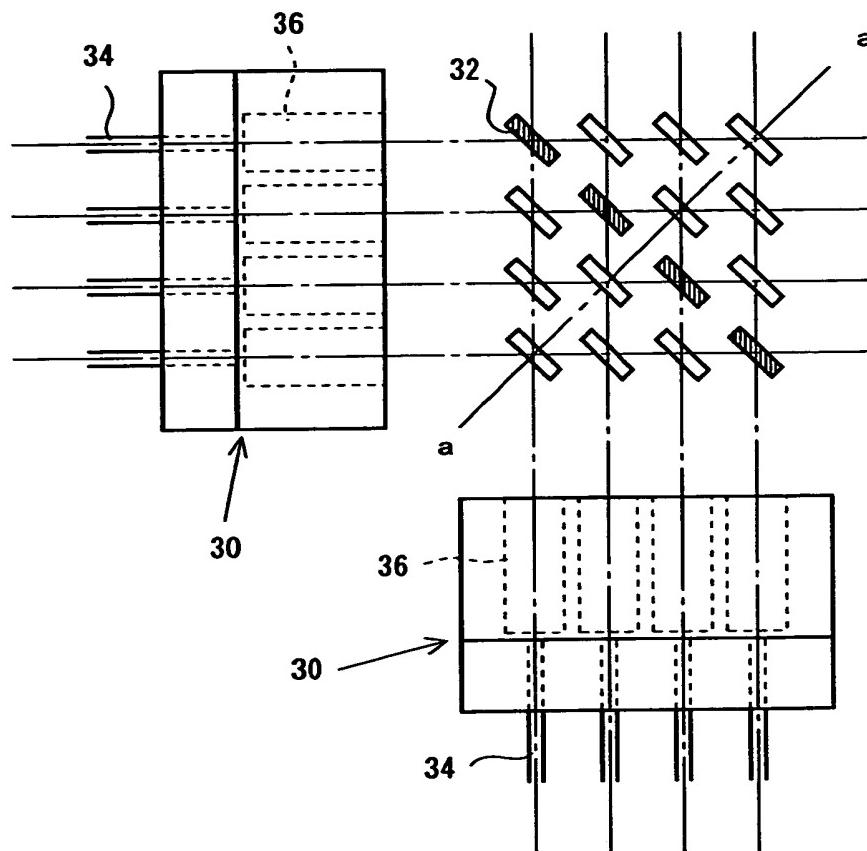
【図1】



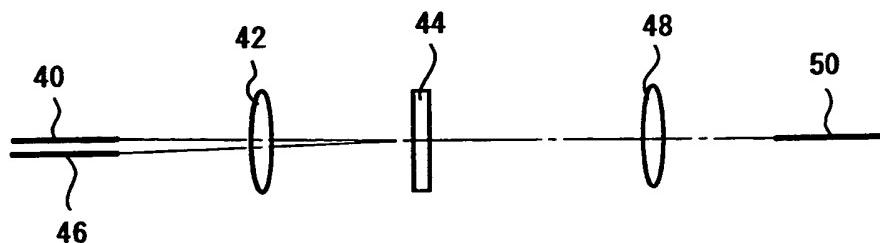
【図2】



【図3】



【図4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 チャンネルあるいはポート間で自由空間長が異なる場合に対して、小型、低挿入損失、低挿入損失偏差の様々な光機能モジュールを得る。

【解決手段】 入力側と出力側とが間に挿入されている光機能部を介して光結合する光機能モジュールである。入力側と出力側の少なくとも一方は複数のコリメータを有し、そのうちの少なくとも1つは、レンズの焦点と光の出射面もしくは入射面との距離、光の出射面もしくは入射面における開口率、レンズの実効焦点距離、使用波長、隣接するコリメータの光軸間距離のいずれか1つ以上を他のコリメータと異ならせることにより、ビームウエストの大きさと位置を入出力でほぼ一致させる。レンズ12と光ファイバ10を組み合わせたファイバコリメータ14の場合には、光ファイバの端面が光の出射面あるいは入射面となり、光ファイバのモードフィールド径も特性可変パラメータの1つとなる。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2000-303813
受付番号	50001281821
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0090
作成日	平成12年10月 4日

<認定情報・付加情報>

【提出日】 平成12年10月 3日

次頁無

出願人履歴情報

識別番号 [000004008]

1. 変更年月日 1990年 8月22日
[変更理由] 新規登録
住 所 大阪府大阪市中央区道修町3丁目5番11号
氏 名 日本板硝子株式会社
2. 変更年月日 2000年12月14日
[変更理由] 住所変更
住 所 大阪府大阪市中央区北浜四丁目7番28号
氏 名 日本板硝子株式会社